

**Desarrollo de un modelo anatómico de la pared inguinal para la enseñanza en
estudiantes de medicina utilizando una impresora 3D**

Autor:

**Ernesto Pinto Lesmes MD: Residente de cirugía general, Pontificia
Universidad Javeriana**

ORCID: 0000 - 0003-1664 - 3230

GOOGLE SCHOLAR: ERNESTO PINTO LESMES

Hoja de vida registrada en CvLAC

Tutor:

**Alfonso Márquez: Cirujano General, Departamento de cirugía y especialidades,
Pontificia Universidad Javeriana, Hospital Universitario San Ignacio**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de
especialista en Cirugía General**

Pontificia Universidad Javeriana

Facultad de Medicina

Junio, 2022

DESARROLLO DE UN MODELO ANATÓMICO DE LA PARED INGUINAL PARA LA ENSEÑANZA EN ESTUDIANTES DE MEDICINA UTILIZANDO UNA IMPRESORA 3D

Alfonso Márquez Ustariz¹. Ernesto Pinto Lesmes.²

INTRODUCCIÓN.

Las hernias inguinales y sus descripciones son antiguas como el desarrollo de las civilizaciones. A través de la historia se han realizado cientos de descripciones, algunas tan antiguas como del 1500 AC en el papiro de Ebers. Así mismo se han documentado hernias inguinales/inguinoescrotales en momias del antiguo Egipto como la del faraón Ramsés V que datan de aproximadamente 1157 AC hasta pasando por los documentos de Hipócrates e incluso hoy en día continuamos investigando su anatomía y manejo quirúrgico. (1)

Es tan importante para el estudiante de medicina familiarizarse con la anatomía inguinal para acercarse al diagnóstico de la hernia como lo es para el cirujano su entendimiento aplicado con el fin comprender la variedad en la presentación de dicha patología y así entender sus posibles y diversos abordajes quirúrgicos.

A lo largo de los años se han desarrollado una variedad incontable de herramientas que le permiten a estudiantes y profesionales del área de la salud familiarizarse con la anatomía humana, dentro de estos se pueden mencionar atlas, modelos anatómicos, disecciones en cadáveres (2) e incluso sofisticados modelos virtuales que cuentan con animaciones 3D y tan variadas como son estas herramientas son sus precios y disponibilidad lo cual limita su consecución y uso. (3)

¹ Cirujano general Hospital Universitario San Ignacio. Profesor instructora Pontificia Universidad Javeriana.

² Residente de Cirugía general Hospital Universitario San Ignacio. Pontificia Universidad Javeriana.

MARCO TEÓRICO.

La pared abdominal en la región inguinal se encuentra comprendida esencialmente por 3 músculos con sus respectivas aponeurosis que se encuentran dispuestos de superficial a profundo así: Músculo oblicuo externo, músculo oblicuo interno y músculo transverso del abdomen. En relación a estos se forma el canal inguinal por el cual descienden los testículos acompañados por el conducto deferente y las demás estructuras del cordón espermático en el hombre y el ligamento redondo en la mujer durante la vida embrionaria.

Este conducto presenta unos límites anatómicos dentro de los que se encuentran el anillo inguinal superficial (AIS) formado por las fibras musculares del M. oblicuo externo, el anillo inguinal profundo (AIP) formado por la fascia del músculo transverso o fascia transversalis. Una pared anterior donde se ubica el OIS formada por el AIS, techo formado por los músculos oblicuo interno y transverso, un piso formado por el ligamento inguinal y el ligamento de Cooper y una pared posterior donde se ubica el orificio inguinal profundo formada por la fascia del transverso. (4,5)

En relación a estas estructuras y reparos anatómicos se producen los diferentes tipos de hernias inguinales las cuales presentan diferentes etiologías que incluyen tanto alteraciones en la migración del conducto peritoneovaginal, genéticas, del colágeno, como debilidad de la pared inguinal (6,7) y se clasifican como directas (cuando atraviesan la pared inguinal a través de la fascia transversalis (teniendo como límite anatómico el triángulo de Hesselbach) y como indirectas cuando protruyen a través del conducto inguinal ingresando a este a través del AIP. También se encuentran las hernias femorales, las cuales protruyen a través del orificio femoral, orificio que se encuentra en relación a la espina del pubis, el ligamento inguinal y la vena femoral. (6,8)

Si bien el conducto inguinal es un espacio virtual que configura un canal por donde pasan diferentes estructuras anatómicas, tiene una complejidad inherente a él que dificulta su comprensión y esta radica en el dinamismo y configuración tridimensional de la pared inguinal. Aunque se han desarrollado diferentes modelos anatómicos hechos en casa que permiten al estudiante una ubicación anatómica fácil y simplificada estos carecen de detalle anatómico que permita la ubicación

espacial real del conducto inguinal y sus estructuras adyacentes, así mismo esto limita el entendimiento de su relación con las hernias inguinales y su adecuada caracterización. (9)

En la actualidad contamos con herramientas de enseñanza virtual que implementan software de reconstrucción 3D que se propone permite entender más fácilmente la anatomía quirúrgica en un corto periodo de tiempo y a bajo costo (10,11), sin embargo, estas aún implican la consecución del dispositivo a utilizar y la ausencia de un modelo maleable que permita su separación y reconstrucción.

Basados en las anteriores limitantes surge como una opción la impresión 3D, la cual confiere los beneficios de un modelo tangible, desarmable y reconstruible con los beneficios de un modelo tridimensional y a bajo costo que incluso algunos autores consideran como esenciales en la enseñanza de los profesionales de la salud. Con la salvedad de que aún existen limitaciones técnicas en cuanto a algunas propiedades físicas de los materiales utilizados por estas impresoras y la realización de figuras geométricas complejas. (3)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Con la evolución de los programas de medicina y el incremento de la tecnología en el ámbito médico, con predominio en las especialidades quirúrgicas, la complejidad en los modelos de enseñanza ha venido creciendo. De esta misma forma, la necesidad de desarrollar nuevas técnicas y modelos de enseñanza y aprendizaje se ha visto enfrentada a espacios y tiempo limitado para lograr la adquisición del conocimiento deseado por los anatomistas y profesores de cirugía en sus estudiantes. (12)

Dentro del aprendizaje de la anatomía inguinal en los estudiantes, la principal dificultad es el entendimiento de la tridimensionalidad inherente al conducto inguinal y sus relaciones anatómicas, las que cada vez son más complejas de explicar y elucidar por la creciente dificultad para conseguir especímenes de disección cadavéricos y la menor exposición quirúrgica en etapas tempranas del aprendizaje.

Clásicamente en el proceso de enseñanza de la anatomía humana se han utilizado las descripciones anatómicas y quirúrgicas, las ilustraciones anatómicas de

diferentes artistas, tanto la elaboración de modelos hechos en casa a base de hojas de papel, colores, plumones y plastilina como los modelos anatómicos didácticos de plástico y recientemente se han incluido los simuladores virtuales de anatomía; todos los anteriores como complemento para las disecciones cadavéricas efectuadas en los anfiteatros.

Es difícil conseguir un modelo ideal; de bajo costo, replicable, y reusable, que asemeje lo mejor las relaciones anatómicas y de esta forma permite implementarse como un estándar en los diferentes programas de educación médica.

JUSTIFICACIÓN.

La enseñanza de la anatomía del conducto inguinal fuera del anfiteatro y el quirófano requiere la presencia de modelos anatómicos duraderos, económicos y reutilizables, diseñados para la consistencia educativa y la repetición adecuada. Existe la necesidad de lograr elaborar un modelo anatómico de bajo costo, anatómicamente correcto, replicable ajustado a los diferentes niveles y tipos de enseñanza médica, que asemeje la anatomía real, y que permita la enseñanza de la anatomía básica y avanzada con enfoque en la anatomía quirúrgica, y que a su vez sea extrapolable a las diferentes escuelas de medicina y sus diferentes especialidades y subespecialidades.

OBJETIVO:

Diseñar un modelo anatómico tridimensional que presente al estudiante las estructuras anatómicas de la pared inguinal y que permita la enseñanza de las relaciones anatómicas de manera clara y así mismo permita identificar la anatomía cuando se presentan los diferentes tipos de hernias que pueden presentarse en la región inguinal utilizando materiales asequibles, replicables, reusables y de bajo costo.

Uno de los aspectos innovadores del modelo propuesto es la posibilidad de poder armar y desarmar secuencialmente cada una de las capas de la pared abdominal, de superficial a profundo, así como poder ensamblar y desensamblar el modelo por medio de llaves/empates además de implementar la utilización de imanes para lograr la estabilidad y fijación. Al implementar en el modelo estos elementos

permitirá al usuario gozar de una experiencia educativa didáctica, lúdica y enriquecedora académicamente.

ELABORACIÓN DEL MODELO:

Se realizó una revisión de las diferentes descripciones anatómicas en la literatura y se complementaron con ilustraciones anatómicas de los atlas más frecuentemente utilizados en la enseñanza médica además de pruebas de campo en anfiteatro y disecciones anatómicas. La elaboración del modelo se realizó en diferentes fases:

Fase de revisión de la literatura/anatomía:

Los investigadores realizaron una revisión de los diferentes tratados de anatomía quirúrgica, atlas de anatomía y seleccionaron las mejores imágenes disponibles para iniciar la concepción teórica del modelo y los dibujos anatómicos como propuesta esquemática del mismo.

Fase de Modelamiento 3D virtual:

Al terminar la primera fase se procedió a utilizar las imágenes seleccionadas y esquemas realizados e inició el modelamiento 3D utilizando un software digital de modelamiento (ZBrush R7 by Pixologic) con la asesoría de un diseñador con experiencia en diseño 3D. (Imagen 1, 2 y 3)

Fase de impresión:

Al terminar el modelamiento virtual se procedió a realizar impresión del modelo haciendo uso de una impresora 3D Anycubic photon mono X (Anycubic, Shenzhen, China) utilizando resina fotopolímero DLP. Al contar con el modelo impreso se procedió a añadir imanes de sostén/estabilización y finalmente se realizó pintura por capas de acuerdo a la anatomía correspondiente.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Después de desarrollar el modelo, se realizó un estudio observacional descriptivo recurrente en el que participaron voluntariamente grupos de estudiantes de medicina cuyo número y escogencia se dio por un muestreo propositivo por disponibilidad y asistencia.

Los estudiantes que aceptaron asistir fueron expuestos inicialmente a una clase teórica estandarizada de anatomía de la pared abdominal e inguinal en formato video con énfasis en hernias de la pared inguinal en la cual se explicaron conceptos básicos de anatomía y hernias.

Posteriormente se aplicó una segunda clase teórica estandarizada en la que se incluyó el modelo anatómico previa instrucción de su utilización y funcionamiento en formato video

Posterior a la aplicación de las clases se realizó un cuestionario semiestructurado a cada uno de los participantes con el fin de evaluar los conocimientos obtenidos en la cada sesión y posteriormente comparar los resultados obtenidos entre la sesión teórica inicial y la sesión teórica con uso del modelo. (Imagen 4)

ANÁLISIS DE LOS DATOS:

Al terminar la recolección de los datos, se compararon los resultados de los test de la sesión teórica (ST) con los resultados de la sesión en la que se utilizó el modelo (SM). El total de personas que participaron en el estudio fue de 69. Todos ellos recibieron tanto la sesión ST como la sesión SM. La media de los puntajes obtenidos por los estudiantes en la sesión ST fue inferior a la media de los puntajes de la SM. Al analizar estos datos se evidencia un incremento en la media de puntaje obtenida en la sesión en la que se utilizó el modelo anatómico desarrollado. Por otra parte, comparativamente al discriminar por el tipo de pregunta formulada, se evidencio que en las preguntas que hacían referencia a la ubicación espacial y tridimensional del canal inguinal los participantes respondieron equivocadamente mayor cantidad de veces en el test aplicado en la ST, pero mejoraron sus puntajes en el test realizado en la SM.

DISCUSIÓN

Si bien la elaboración de un modelo anatómico de la pared inguinal es compleja en cuanto requiere de un estudio detallado de la anatomía y precisión de detalle durante su modelamiento, el resultado fue anatómicamente correcto, permite la adecuada interfaz con el usuario y puede utilizarse como una herramienta didáctica en la enseñanza de la anatomía inguinal y su tridimensionalidad.

Evidencia reciente sugiere que la implementación de modelos anatómicos físicos mejoran la calidad de la educación y los desenlaces con respecto a la adquisición de los conocimientos. Los resultados del presente estudio sugieren que la utilización del modelo desarrollado mejora la calidad de los conocimientos obtenidos por los participantes en relación a la anatomía de un área anatómica compleja como lo es la pared inguinal. Por otra parte, podría considerarse como limitante del estudio la comparación con una clase magistral y no otras alternativas como la disección cadavérica, modelos anatómicos de mayor complejidad como un modelo físico o interactivo de modalidad 3D, sin embargo esto responde a 3 factores, el primero, cada día la enseñanza en anfiteatro y la disección cadavérica es menos frecuente en relación a la menor disponibilidad de piezas de disección cadavérica sin mencionar las legislaciones y conflictos éticos que rigen estas prácticas en los diferentes países del mundo además del deterioro por uso y variaciones anatómicas que pueden presentar estas piezas, segundo, que no existe en el mercado actualmente un modelo físico anatómico de la pared abdominal que permite su ensamble y desensamble con un instructivo estandarizado y en tercer lugar, la poca disponibilidad de modelos tridimensionales interactivos asociados a su costo y limitaciones de transporte y uso. A pesar de lo anteriormente expuesto el modelo diseñado en el presente estudio cumple con los objetivos del estudio en cuanto se logró obtener una herramienta de educación, replicable, reutilizable y de bajo costo teniendo en cuenta que el costo total del modelo es de aproximadamente 570 US. Adicionalmente, al presentar estas características puede ser utilizado como herramienta de educación personalizada para uso en casa, que en el contexto global actual con las limitaciones en educación que significó el periodo de pandemia por SARS COV 2 en 2020 representa un beneficio adicional en su implementación en la educación médica.

Conclusiones:

El desarrollo de nuevas tecnologías como las impresoras 3D surgen como una posibilidad innovadora de desarrollar nuevas herramientas destinadas a la educación médica y aunque aún presentan limitaciones. El desarrollo del modelo expuesto en este estudio prueba que permite el diseño y modelamiento de regiones anatómicamente complejas que requieren de tienen tridimensionalidad inherente, así mismo los resultados obtenidos al aplicarlo en la enseñanza de estudiantes de medicina sugieren que la implementación de herramientas como este modelo mejoran la calidad de la enseñanza de la anatomía y el aprendizaje de conceptos complejos particularmente en relación a la ubicación espacial y tridimensional. Aunque el campo del modelamiento y diseño en 3D aún requiere de desarrollos y estudios a largo plazo para su aplicación en medicina es una área que puede ser explotada en pos de la educación.

Bibliografía

1. McClusky DA. Groin Hernia. Arch Surg. 2006;141(10):1035.
2. AlJamal Y, Buckarma EL, Ruparel R, Allen S, Farley D. Cadaveric Dissection vs Homemade Model: What is the Best Way to Teach Endoscopic Totally Extraperitoneal Inguinal Hernia Repair? J Surg Educ [Internet]. 2018;75(3):787–91. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsurg.2017.09.003>
3. Garcia J, Yang ZL, Mongrain R, Leask RL, Lachapelle K. 3D printing materials and their use in medical education: A review of current technology and trends for the future. BMJ Simul Technol Enhanc Learn. 2018;4(1):27–40.
4. Blair A. Jobe, John G. Hunter JHP. Schwartz. Principios de Cirugia. 9th ed. Brunicardi FC, editor. 2010. 1305–1340 p.
5. Latarjet M, Ruiz Liard A. Anatomia Humana. 4th ed. 2008. 1307–1329 p.
6. Bhosale PR, Patnana M, Viswanathan C, Szklaruk J. The inguinal canal: Anatomy and imaging features of common and uncommon masses. Radiographics. 2008;28(3):819–35.

7. Bendavid R. The Unified Theory of hernia formation. *Hernia*. 2004;8(3):171–6.
8. Sanjay P, Reid TD, Bowrey DJ, Woodward A. Defining the position of deep inguinal ring in patients with indirect inguinal hernias. *Surg Radiol Anat*. 2006;28(2):121–4.
9. Eisendrath D. EISENDRATH DN. MODELS FOR TEACHING THE ANATOMY AND OPERATIVE TREATMENT OF INGUINAL HERNIA. *JAMA*. 1905;XLIV(11):843–848.
10. Wada Y, Nishi M, Yoshikawa K, Higashijima J, Miyatani T, Tokunaga T, et al. Usefulness of virtual three-dimensional image analysis in inguinal hernia as an educational tool. *Surg Endosc [Internet]*. 2019;(0123456789). Available from: <https://doi.org/10.1007/s00464-019-06964-y>
11. Nomura T, Mamada Y, Nakamura Y, Matsutani T, Hagiwara N, Fujita I, et al. Laparoscopic skill improvement after virtual reality simulator training in medical students as assessed by augmented reality simulator. *Asian J Endosc Surg*. 2015;8(4):408–12.
12. Davis CR, Bates AS, Ellis H, Roberts AM. Human anatomy: Let the students tell us how to teach. *Anat Sci Educ*. 2014;7(4):262–72.

Imagen 1

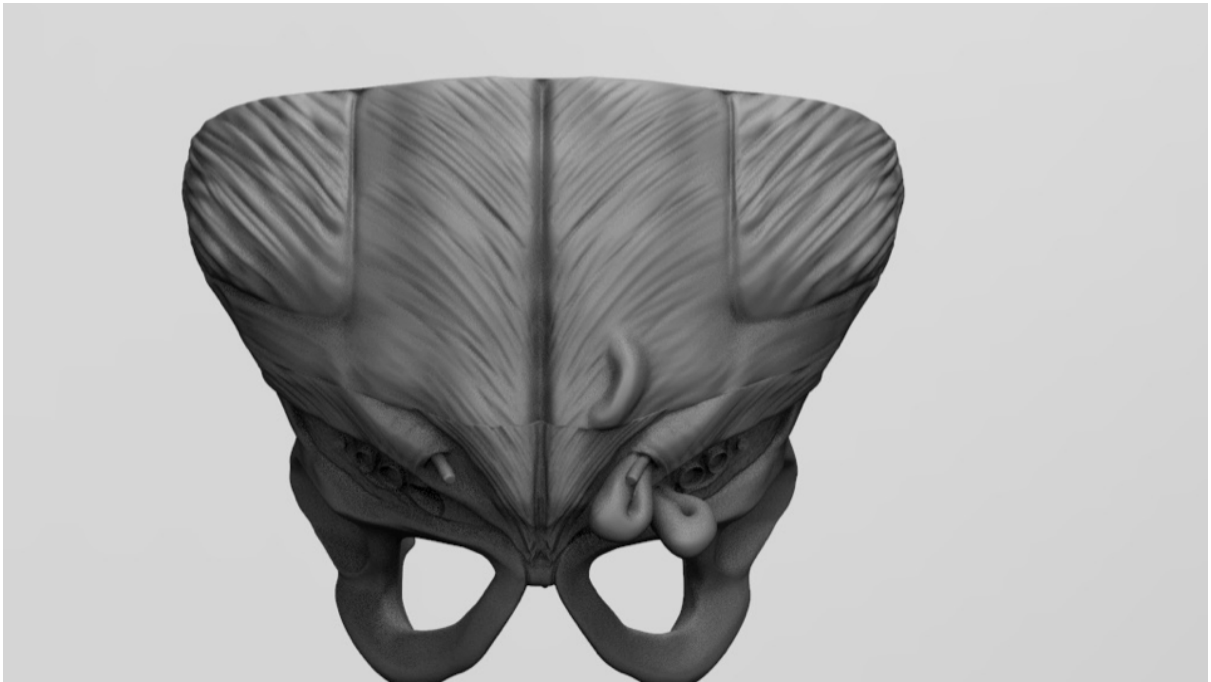


Imagen 2



Imagen 3

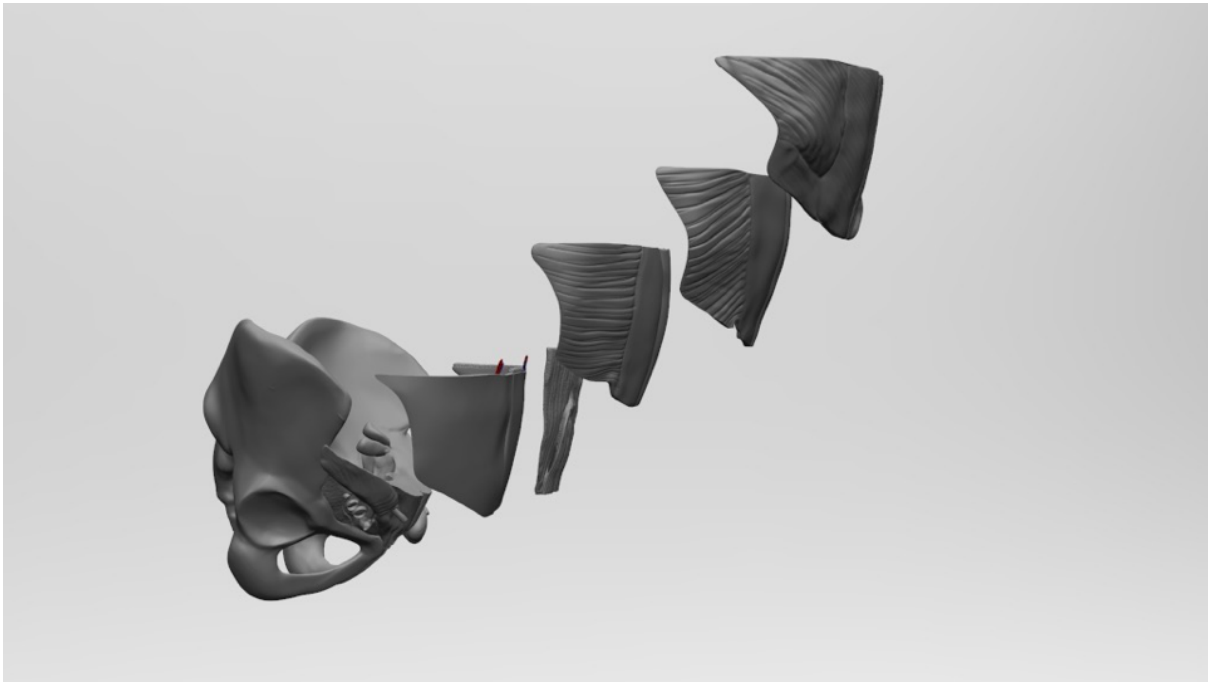


Imagen 4

